

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



**EFFECTO DE DOS SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LA
APLICACIÓN DE ÁCIDOS ORGÁNICOS EN EL CULTIVO DE
PAPA (*Solanum tuberosum* L.) BAJO CONDICIONES DE
INVERNADERO**

POR:

HURIEL AGUILAR VELASCO

TESIS

**Presentado como Requisito para
Obtener el Título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO,

DICIEMBRE DE 2003.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

**EFFECTO DE DOS SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LA APLICACIÓN
DE ÁCIDOS ORGÁNICOS EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum
tuberosum* L.), BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.**

POR:

HURIEL AGUILAR VELASCO

QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL, PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

APROBADA

M.C. Enrique Gustavo Charles Cárdenas
PRESIDENTE DEL H. JURADO

Dr. Adalberto Benavides Mendoza
SINODAL

M.C. Luis Miguel Lasso Mendoza
SINODAL

Ing. Adolfo Ortegón Pérez
SINODAL

M.C. Arnoldo Oyervides García
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO, DICIEMBRE DE 2003.

DEDICATORIA

A **Dios** por darme la oportunidad de conocer ciencia y poder hacer de mi no un monumento, si no un ser con valores, principios y sobre todo con ese afán de mejorar cada día algún aspecto de mi vida. A **Dios** por poner en mi ese espíritu de amor al campo donde la meta central es prestar mis servicios con los conocimientos adquiridos.

A mi máxima casa de estudios, la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”** que siempre me abrigó en su seno y que me dio la oportunidad de estar en todas sus instalaciones para poder culminar una meta, que al inicio pareció ser dura, pero que al final sólo me que decir gracias, a la **UAAAN**.

A las personas más grandes que pueden existir en mi vida

Mis padres:

Gerardo Aguilar Alfaro

Zenayda Velasco Hernández

Por la confianza que depositaron en mi al iniciar la carrera y por darme la herencia más grande que se le puede dar a un hijo de prepararme y de ser alguien en la vida, por ello dedico este humilde trabajo a Ustedes que no les importo el sacrificio hecho para que yo pudiese llegar aquí.

A **“Mis hermanos”**. Que en todo momento me mostraron cariño, comprensión, amor y por poder contar con ustedes en cualquier momento, motivo que me inspiro ha seguir siempre adelante. Y por esperarme ansiosos en vacaciones, para estar en familia, para ustedes con todo el amor.

Aarón

Maria Guadalupe

Rosa Arminda

Gerardo Reyes

Fernando

Luis Enrique

Martha Isabel

Mabelí

Juan Carlos

► Para aquella persona que aun no conozco, pero estoy seguro no tarda en que nos encontremos y darnos todo el amor. Para tí con todo cariño.

A mis abuelos paternos

Catarino Aguilar (+)

Julia Alfaro

A ellos que en su momento desearon verme salir preparado y no pudieron.

A mis abuelos maternos

Juan Velasco (+)

Rosario Hernández (+)

Compañeros de escuela: Saúl, Rene, **Francisco Javier**, Miguel, Oscar, Donato, Víctor, Juan, Nolverto, Luis, Pedro, Elmer, Hoxel, Lucio, Santiago, Saldaña, Vidal....
A TODOS LOS DE LA IGLESIA CIEMAR Y VIDA ESTUDIANTILMIL GRACIAS.

Porque mejor es la sabiduría que las piedras preciosas; Y todo cuanto se puede desear, no es de compararse con ella. **Proverbios 8:11**

AGRADECIMIENTO

Agradezco a **Dios** infinitamente por cuidarme en todo momento y por darme la fuerza necesaria para poder salir adelante, paciencia para tomar las mejores decisiones, salud para poder culminar un eslabón mas en mi vida. Y sobre todo porque en los momentos mas difíciles de mi vida académica siempre estuvo en mi, dotándome de sabiduría e inteligencia.

A la **UAAAN** por formarme como profesionista y hombre leal.

A quienes les viviré eternamente agradecidos **Mis padres:**

Gerardo Aguilar Alfaro y Zenayda Velasco Hernández: Por haber depositado sus confianza en mi y por sus constantes oraciones que hicieron para que pueda dirigirme por buenos caminos durante mi ausencia. Por apoyarme en todo y por sus constantes consejos que en mi sembraron y que hoy puedo decir que me han servido para poder culminar un grado mas de estudio.

A mi hermano Aarón, por animarme e impulsarme en todo momento y por ser mi ejemplo para poder terminar mis estudios. Y a toda mi familia que con tanto esfuerzo me han apoyado para cumplir esta meta.

A todos mis familiares y de mas que confiaron en mi, dándome siempre apoyo moral, económico y sobre todo esos consejos que estoy seguro son los que me han motivado cada día a salir adelante.

A todos los maestros que contribuyeron en mi formación.

A mis compañeros de generación (96).

A MIS ASESORES: Porque sin ellos no hubiese hecho posible realizar este trabajo, por ello les doy de manera especial las gracias por el tiempo prestado.

M.C. Enrique Gustavo Charles cárdenas: Por orientarme en esta obra

Dr. Adalberto Benavides Mendoza: Por confiarme este trabajo y motivarme

M. C. Luis Miguel Lasso Mendoza: Por mostrarse siempre dispuesto a apoyarme

Ing. Adolfo Ortega Pérez : Por las enseñanzas tan grandes que no es de compararse.

A los que apoyaron en alguna forma este trabajo:

Sergio Brajan encargado del invernadero de Forestal.

Lic. Laura Olivia Lara encargada del laboratorio de alimentos

Al Departamento de Horticultura por los materiales aportados.

Al Ing. Blas Alberto Ríos por el acarreo de suelo y asesorías

Para los que se prestaron al trabajo: Jorge, Jesús, Raúl, Fermín, Omar, Flavio, Ismael, Aarón, Edelmi, Abel, a ustedes gracias.

¡GRACIAS!

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIAS	II
INDICE DE CONTENIDO	III, IV, V
INDICE DE FIGURAS Y CUADROS	VI
RESUMEN	VII

INTRODUCCIÓN	1, 2
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3

REVISIÓN DE LITERATURA	4
Calidad de plantas	4
Nutrición de la planta	4
Invernadero	4
Origen del ácido salicílico	5
Papa y su origen	5
Clasificación taxonómica.....	6
Morfología de la papa.....	6
Raíces	6
Tallos	7
Estolones	7
Tubérculo	8
Brotos	9
Hojas	9
Inflorescencia	10
Partes u órganos de la flor	10
Requerimientos edáficos	11
Requerimientos climáticos	11
Variedades	12

Mecanismo mediante los cuales los nutrientes facilitan la defensa de las plantas a los patógenos	12
El efecto individual de los nutrientes en la defensa de las plantas	13
ABSORCIÓN DE NUTRIMENTOS	14
Elementos mayores	14
Nitrógeno	14, 15
Fósforo	16
Potasio	17
Azufre	18
Calcio	18
Magnesio	19
Elementos menores	20
Hierro	20
Zinc	21
Boro	21
Cobre	22
Manganeso	22
Molibdeno	23
Fertilización	23
Consumo de agua	24
Ácidos orgánicos	25
Solución Douglas aplicados en plántula de Sandía	25
MATERIALES Y METODOS.....	26
Localización del lote experimental	26
Material experimental	26
Características agronómicas y morfológicas de la variedad Adora	26
Materiales usados para la preparación de la solución nutritiva Douglas	27
Preparación de la Solución Douglas	28
Descripción de tratamientos	29
Suelo	29

Preparación del sustrato	30
Establecimiento del experimento bajo invernadero	30
Eliminación de brotes	31
Siembra, aporque, riegos	31
Control de enfermedades	31, 32
Variables evaluadas	33
Número de tallos	33
Número de tubérculos	33
Peso fresco aéreo	33
Peso fresco raíz	33
Peso fresco del tubérculo	33
Peso seco aéreo	34
Peso seco raíz	34
Peso seco del tubérculo	34
Cosecha	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
CONCLUSIÓN	37
LETERATURA CITADA	38, 39
GLOSARIO	40

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 4.1: Mostrando los compuestos usados para la elaboración de la solución nutritiva Douglas	28
Cuadro 4.2: Indicando los productos químicos aplicados durante el ciclo del cultivo	32
Cuadro 4.3 Concentración de resultados y prueba de medias en lo que respecta a peso fresco (DMS $\alpha = 0.05$) de las variables tomadas en el experimento.....	36
Cuadro 4.4 Concentración de resultados y prueba de medias en lo que respecta a peso seco (DMS $\alpha = 0.059$) de las variables tomadas en el experimento	36
Figura 2.1: Recipientes con los elementos nutritivos usados	29
Figura 2.2: Dentro del invernadero de alta tecnología pegado a la pared húmeda	30

RESUMEN

Este trabajo de investigación se inicio el cuatro de noviembre del 2002 en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” en el invernadero de alta tecnología de forestal, utilizándose como material semilla la variedad Adora teniendo como finalidad incrementar la producción en el cultivo de papa, la calidad del tubérculo, por esta razón se utilizo dos ácidos orgánicos a diferentes concentraciones, ácido salicílico (1×10^{-3} , 1×10^{-4}) y ácido benzoico (1×10^{-4}) cuyo fin fue evaluar cual es el mejor promotor en la tuberización de papa, así mismo se utilizo la solución nutritiva Douglas en su forma normal y acumulada para mantener en todo tiempo nutrido a la planta, buscándose con esto la formula optima de la solución nutritiva Douglas.

Las aplicaciones de la solución nutritiva Douglas se realizo a principio y fin de semana, aplicando medio litro de solución en la base del tallo de cada planta, mientras que los ácidos orgánicos se asperjo en el follaje de la planta.

Posteriormente cuando la planta tenia sesenta y siete días se realizo un muestreo de biomasa donde se peso la raíz, el tubérculo, la parte aérea de la planta en fresco y se llevo a laboratorio para secarlo y de esta forma obtener el peso seco de las partes de la planta de papa, finalmente se concluyo con la cosecha.

Con todos los resultados obtenidos, se ara las comparaciones de las variables evaluadas, mediante el diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y tres repeticiones, donde el lote se dividió en dos partes para aplicar la solución Douglas y así iniciar el análisis estadístico.

Se encontró que no es necesario aumentar la solución nutritiva, pero que sí es importante la interacción que existe con los ácidos orgánicos pues se da un efecto de resistencia a condiciones bióticas y abióticas, en especial el ácido salicílico ya que actuó como el mejor inductor a diferencia del benzoico.

INTRODUCCIÓN

Sin duda alguna el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) ha sido un gran regalo que el hombre ha tenido por parte de la naturaleza, pues se sabe que culturas aborígenes de Perú descubrieron la papa (a.C.) y a partir de ahí, empieza el consumo humano, mas sin embargo en la actualidad el cultivo de papa a cobrado gran importancia, ya que ahora se encuentra distribuido en todos los continentes, a excepción de la Antártica, ya que por su diversidad de consumo que tiene este, se a ganado un merecido lugar en la dieta alimenticia de muchos países, tal es el caso de Irlanda que confió tanto en la papa como alimento principal y en el año de 1840 es asolado por la enfermedad de tizón tardío, sufriendo así uno de los desastres mas severos que se pudiera registrar en la historia, con la muerte de 1 millón y cerca de 2 millones de personas emigro a otros países sobre todo a Norteamérica, por lo que se puede considerar al cultivo de papa como la verdadera riqueza de los Andes y de la humanidad.

La papa es un fruto de la tierra que genera altos rendimientos por unidad de superficie, superior a los cereales. En nuestro país se encuentran produciendo los estados de: Puebla, Veracruz, Estado de México, Michoacán, Sinaloa, Chihuahua, Sonora, Hidalgo, Tlaxcala, Coahuila, Nuevo León y otros con aproximadamente 65 mil hectáreas, obteniéndose la media de rendimiento un valor de 20.5 toneladas por hectárea, lo que hace que la producción a nivel nacional sea suficiente para abastecer la demanda, siendo el consumo per cápita de 16.5 kg. (2001 www.redepapa.org/EconomiaAgroindustrialización).

Los costos del cultivo de papa, gran parte se ubican en la adquisición de semilla, fertilizante y en la aplicación de agroquímicos, como medio para contrarrestar la incidencia de plagas y enfermedades, esto origina que los costos de producción sean altos.

En víspera de la demanda que tiene este producto en el mercado nacional y extranjero es necesario buscar nuevas formas de incrementar la productividad, calidad del tubérculo, pero reduciendo de alguna manera la inversión, por ello en esta investigación se pretende mejorar estos aspectos en el cultivo mediante la aplicación de dos ácidos orgánicos que promueven la tuberización y con la ayuda de la solución nutritiva Douglas en su fórmula normal y acumulada existirá una buena interacción entre tratamientos ya que la solución Douglas tiene la característica de poseer los elementos nutritivos que la planta necesita en las etapas críticas, con ello se producirá productos lo mas sano posible, donde la prioridad del trabajo no es solamente alcanzar altos rendimientos, si no que es tratar de contaminar lo menos posible al medio ambiente, pues de tener éxito se probara en campo abierto, ya que se sabe que los grandes productores de papa realizan hasta tres aplicaciones de químicos por semana. Por esta razón se busca esta nueva alternativa para no exponer a nuestras futuras generaciones.

OBJETIVOS

- Determinar el efecto de la solución nutritiva Douglas en dos concentraciones sobre la productividad y crecimiento de papa en invernadero.
- Estudiar los efectos de la aplicación de ácidos orgánicos sobre la productividad y crecimiento de la papa.

HIPÓTESIS

- La mayor concentración de nutrimentos minerales en la solución Douglas elevará la producción y el crecimiento de la planta de papa.
- La aplicación de ácidos orgánicos modifica el crecimiento de la raíz y los tubérculos, aumentando la cantidad y peso de los mismos.

REVISIÓN DE LITERATURA

Calidad de la planta

La calidad de la planta se puede definir como el conjunto de características morfológicas y fisiológicas de la misma, que permite su óptimo establecimiento, de forma práctica, ello equivale al logro de un fácil y rápido arraigo en campo (Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación s/a).

Nutrición de las plantas

La nutrición correcta de las plantas y su tratamiento con fertilizantes resulta esencial para conseguir rendimientos máximos y obtener productos de óptima calidad. Un aporte insuficiente de cualquier nutrimento puede limitar el crecimiento y/o calidad de la cosecha (Arthey, 1991).

Invernadero

El invernadero es el hábitat más representativo de las condiciones de máxima protección, es una estructura concebida para que deje atravesar la radiación solar, sin alterar por ello su espectro y al mismo tiempo impedir la dispersión del calor hacia el exterior. De hecho es un actuador, si bien se regula con dificultad, su funcionamiento está determinado por las características estructurales, pero sobre todo, con el ambiente colindante; por lo que de vez en cuando es necesario elevar y bajar la temperatura, intensidad luminosa, la humedad relativa y el nivel de CO_2 , o sustituir ampliación o reducción de la duración del día o la noche, los niveles de las variables ambientales espontáneas del invernadero con intervenciones capaces de adecuarlos a las exigencias específicas de las plantas en el cultivo (Alphi y Tognoni, 1999).

Origen del ácido salicílico

En la corteza de **sauce** se encuentra el origen del ácido salicílico: una sustancia denominada **salicilina**. Muy posiblemente, otras civilizaciones (Mesopotamia, Egipto, China) ya habían usado de forma empírica remedios muy similares al empleado por Hipócrates.

El ácido salicílico también se obtiene gracias a una planta denominada **ulmaria**, de cuyo nombre científico (*Spiraea ulmaria*) proviene el nombre de Aspirina (marca registrada por la empresa Bayer, S.A.): "A" de Acetil y "spir" por Spiraea; "in" en otros idiomas o "ina" en castellano simplemente sería una terminación muy usada en el caso de nombres de fármacos (<http://www.todo-ciencia.com/quimica/0i76868300d1016212668.php>).

El ácido salicílico se ha encontrado en todos los tejidos de las especies que han sido analizadas. A excepción de unas pocas plantas como el Arroz y la Papa generalmente no se encuentran en gran cantidad (Hennig et al, 1993).

Papa (*Solanum tuberosum* L.)

El primero en escribir sobre la papa fue el conquistador español **Pedro Cieza de León** en su publicación **Crónicas del Perú**, en la cual se menciona que “los españoles llegaron a Perú en 1532 en busca de riquezas; pero no estaban concientes, que era la papa, el verdadero tesoro de los Andes.

Origen

La papa se originó en las altas elevaciones de los Andes en Sudamérica, en donde culturas aborígenes desarrollaron mas de 200 variedades, desde hace 2,000 años antes de la llegada de los españoles en América (Grepe, 2001).

La familia de las solanácea tiene su origen en Sudamérica donde fue domesticada y cultivada por las civilizaciones preincas e incas (Alonso, 1996).

El origen geográfico de la papa está ubicado en las cordilleras de los Andes que comprende a los países de Perú, Colombia, Bolivia, Ecuador y Chile. Desde estos lugares, la papa ha sido llevada a casi todos los países del mundo (Mondonedo et al., 1990; Báez, 1983).

Clasificación taxonómica

Reino: Metaphyta

Phylum: Antophyta

Clase: dicotiledoneas

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Genero: *Solaum*

Especie: *tuberosum* (Wattsagro, 1999).

Morfología de la papa

Raíces

Las plantas de papa se pueden desarrollar partiendo de tubérculos o de semillas. Cuando crecen a partir de semilla, forman una delicada raíz axonomorfa con ramificaciones laterales.

Cuando se desarrollan a partir de tubérculos, forman raíces adventicias. Ocasionalmente se forman raíces en los estolones.

El tipo de sistema radicular varía de delicado y superficial a fibroso y profundo. Las hojas aisladas y los esquejes de tallo y de otras partes de la planta pueden formar raíces, especialmente cuando esas partes u hojas han sido sometidas a tratamientos con hormonas.

Tallos

El sistema de tallos de la papa consta de tallos, estolones y tubérculos. Las plantas que crecen de semilla tienen un solo tallo principal, pero de un tubérculo se pueden producir varias plantas. Los tallos laterales, provienen de ramificaciones de los tallos principales.

En un corte transversal, los tallos de papa presentan formas entre circulares y angulares. A menudo, en las márgenes angulares se forman alas o costillas. Las alas pueden ser rectas, onduladas o dentadas.

El tallo es generalmente de color verde y algunas puede ser de color marrón-rojizo o morado. Los tallos pueden ser sólidos o parcialmente tubulares, debido a la desintegración de las células de la médula.

Las yemas que se forman en el tallo a la altura de las axilas de las hojas, pueden desarrollarse para llegar a formar tallos laterales, estolones, inflorescencias y a veces, tubérculos aéreos.

Estolones

Los estolones de la papa son ramificaciones laterales que crecen horizontalmente a partir de yemas de la parte subterránea de los tallos.

La longitud de los estolones es uno de los caracteres varietales importantes: los estolones largos son comunes en la papas silvestres; teniendo el mejoramiento de la papa como una de sus metas, para obtener estolones cortos.

Los estolones pueden formar tubérculos mediante el agrandamiento del extremo distal; sin embargo, no todos los estolones llegan a formar tubérculos. Si un estolón no esta cubierto por suelo, se desarrolla para convertirse en un tallo vertical con follaje normal.

Tubérculos

Morfológicamente, los tubérculos son tallos modificados y constituyen los principales órganos de almacenamiento de la planta de papa. Un tubérculo tiene dos extremos: el basal o extremo ligado al estolón que se llama talón y, el extremo opuesto, que se denomina extremo apical o distal.

Sobre la superficie del tubérculo se distribuyen los ojos siguiendo una espiral. Las hojas se encuentran hacia al extremo apical y están ubicados en las axilas de hojas como escamas (llamadas prominencias del ojo o cejas).

Los ojos del tubérculo de papa corresponden morfológicamente a los nudos de los tallos; las prominencias representan las escamas y las yemas del ojo representan las yemas axilares.

Los ojos pueden llegar a desarrollarse para formar un nuevo sistema de tallos que consista de tallos principales, laterales y estolones. Generalmente, cuando el tubérculo ha madurado, los ojos tienen vida latente y por ello no pueden desarrollarse.

Al cabo de cierto tiempo que depende de la variedad, el ojo más cercano al extremo apical es el primero en romper la latencia; más tarde, los otros ojos se desarrollan para convertirse en brotes.

En la mayoría de las variedades comerciales, la forma del tubérculo varía entre redonda, ovalada y oblonga.

Peridermo o piel, sistema vascular, parénquima de reserva y tejido médular. Es una delgada capa protectora en el exterior del tubérculo; su color puede variar entre blanco-crema, amarillo-naranja, rojo o morado y cuando se expone a la luz se torna color verdoso.

La piel es generalmente suave y se puede remover fácilmente por frotamiento cuando el tubérculo no ha madurado.

En la superficie de la piel se encuentran distribuidas las lenticelas, por las cuales se efectúa el intercambio de gases entre el tubérculo y el ambiente. En condiciones húmedas, las lenticelas aumentan de tamaño y se ven como puntos blancos prominentes.

La corteza: esta inmediatamente debajo de la piel; es una banda delgada de tejido de reserva, que contiene principalmente proteínas y almidones.

El sistema vascular: conecta los ojos del tubérculo entre sí y a este con otras partes de la planta.

El parénquima de reserva: es el tejido principal de almacenamiento y ocupa la mayor parte del tubérculo.

La médula: constituye la parte central del tubérculo.

Todos los elementos, de la corteza a la médula, constituyen la carne del tubérculo, la cual en las variedades comerciales es normalmente de color blanco, crema o amarillo pálido. Sin embargo, algunas variedades primitivas también producen tubérculos con carne de color amarillo oscuro, rojo, morado, o bicolor.

Brotos

Los brotes crecen de las yemas que se encuentran en los ojos del tubérculo.

El color del brote es una característica varietal importante:

Los brotes pueden ser blancos, parcialmente coloreados en la base o en el ápice o totalmente coloreados.

El extremo basal del brote normalmente forma la parte subterránea del tallo y se caracteriza por la presencia de lenticelas.

Después de la siembra, rápidamente produce raíces y luego estolones o tallos laterales.

El extremo apical del brote da origen a las hojas y representa la parte del tallo donde tiene lugar el crecimiento del mismo.

Hojas

Las hojas están distribuidas en espiral sobre el tallo. Normalmente la papa tiene hojas compuestas; es decir, hojas con un raquis central y varios folíolos.

Cada raquis está unido al tallo por el pecíolo y puede llevar varios pares de folíolos y folíolo terminal.

Cada folíolo puede estar unido al raquis por un pequeño pecíolo llamado peciólulo o puede estar unido directamente, sin peciólulo.

La secuencia regular de estos foliolos primarios pueden estar interceptadas por la presencia de foliolos secundarios.

En la base de cada pecíolo se encuentran dos hojuelas laterales llamadas seudoestípulas. La forma y el tamaño de estas, así como el ángulo de inserción del pecíolo en el tallo, son caracteres varietales distintivos muy útiles.

Inflorescencia

El pedúnculo de la inflorescencia esta dividido generalmente en dos ramas, cada una de las cuales se subdivide en otras dos ramas; de esta manera se forma una inflorescencia llamada cimosa.

De las ramas de la inflorescencia salen los pedicelos, en cuyas puntas superiores se encuentran los cálices.

Cada pedicelo tiene una coyuntura o articulación por la cual se desvinculan del tallo las flores o los frutos; esta articulación es pigmentada en algunas variedades cultivadas. La posición de la articulación es uno de los caracteres taxonómicos mas útiles de la papa.

Partes u órganos de la flor

Las flores de la papa son bisexuales y poseen las cuatro partes esenciales: cáliz, corola, estambres y pistilo.

El cáliz: consta de cinco sépalos que se unen parcial o totalmente en la base para formar una estructura en forma de campana debajo de la corola.

La forma y el tamaño de los lóbulos o partes no unidas de los sépalos cambian según la variedad.

El cáliz puede ser de color verde o estar parcial o totalmente pigmentado.

La corola: tiene cinco pétalos ligados en la base para formar un tubo corto y una superficie plana de cinco lóbulos. La corola es generalmente redonda, aunque

algunas variedades primitivas cultivadas tienen corolas pentagonales o como estrellas.

Las corolas puede ser de color blanco, azul claro, azul, rojo, o morado, en diferentes tonos e intensidades.

Los estambres: son el órgano masculino llamado androceo.

El pistilo: es el órgano femenino llamado gineceo (Grepe, 2001).

Requerimientos edáficos

Los mejores suelos para este cultivo son los porosos, frescos y bien drenados, con una profundidad de 25 – 30 cm. Los suelos muy arenosos no son retencivos de humedad por tal razón necesita riegos constantes. Los suelos derivados de materia orgánica son los mejores y producen las mas altas cosechas (Montaldo, 1984).

La papa se desarrolla bien en suelos francos y arenosos, con buen contenido de materia orgánica y óptimo drenaje. En lo referente al pH, la papa está clasificada como altamente tolerante a la acidez, teniendo valores de pH = 6.5 – 5.0 es una hortaliza tolerante a la salinidad, con valores de 64 000 a 2560 pmm (Maas, 1984).

Requerimientos climáticos

Durante su crecimiento requiere de una variación en la temperatura ambiental. Después de la siembra la temperatura debe subir hasta los 20 °C para que la planta se desarrolle bien. Luego se necesita una temperatura mas alta para un buen crecimiento del follaje, no sobrepasando los 30 °C. Durante la tuberización es importante que la temperatura se encuentre entre los 16 y 20 °C, especialmente en regiones calientes es esencial que las noches sean frescas para ayudar a la inducción a la tuberización (SEP, 1987).

Es una planta semirresistente al frío, pero no tolera heladas. Se desarrolla desde alturas de 500 a 3000msnm. Las temperaturas óptimas ambientales para obtener los máximos rendimientos son de 15.5 °C a 18.5 °C. La temperatura óptima del suelo para la emergencia es de 22 °C; temperaturas altas retardan la emergencia. Se reporta que temperaturas de 16 °C por la noche y mayores de 18 °C por el día arrojan los rendimientos mas altos y la cantidad de almidón mas elevada (Valdez, 1998).

Variedades

Las principales variedades que se cosechan en México son: la Alpha, que predomina en el mercado con una participación superior al 65% del total, seguida de Atlantic que representa alrededor del 28%. El resto (7%) la componen otras variedades de menor importancia, tales como: Gigante, Herta, Premier, Mundial, Nortaña, Granola, Diamante y White Rose. De todas estas variedades, la única que es indistintamente destinada a usos industriales o para consumo fresco es la Alpha (Morales 1995).

Mecanismo mediante los cuales los nutrientes facilitan la defensa de las plantas a los patógenos

La capacidad de las plantas de defenderse está influenciado por su vigor general y el estado fisiológico de desarrollo. Una planta que sufre un estrés severo es con frecuencia más susceptible o vulnerable al ataque de las enfermedades que aquella que se encuentra en un nivel óptimo de nutrición; sin embargo las plantas que reciben un exceso de elementos podría ser dispuestas al ataque de las enfermedades. Aunque en la mayoría de los mecanismos que involucran la interacción de hospedero-patógeno-nutrición no está muy claramente entendidos, algunos nutrientes específicos se sabe que reducen la severidad de las

enfermedades mediante (1) el aumento de la tolerancia a la enfermedad a través de una compensación de daño causado por el patógeno, (2) facilitando el escape a la enfermedad, (3) realzando la resistencia fisiológica de la planta, o (4) reduciendo la virulencia del patógeno (Huber, 1980).

Otro mecanismo de defensa es el desarrollo de cutículas y paredes celulares mas gruesas, o mayor tejido esclerenquimatoso, debido a diferentes regímenes de nutrición, los cuales han sido correlacionados con una dificultad en la penetración o en el crecimiento de algunos patógenos fungosos (Huber, 1980).

El efecto individual de los nutrientes minerales en la defensa de las plantas

Para la mayoría de los elementos minerales requeridos para el crecimiento de las plantas se ha reportado que pueden incrementar o reducir la severidad de algunas enfermedades.

Algunos reportes contradictorios de algún nutriente específico y su interacción con alguna enfermedad surgen de la falta al considerar la forma del nutriente en la que se encuentra o los factores ambientales que influyen la disponibilidad del nutriente o su función.

En cuanto al efecto de un nutriente en particular, es imposible generalizarlo para todas las combinaciones de hospedero-patógeno. La suma de muchos factores interactuantes entre el patógeno, hospedero, el medio ambiente, y el tiempo, determinan la forma en que una enfermedad es afectada por el aspecto de la nutrición de la planta. Un nutriente específico podría promover algunas enfermedades mientras que reduce el desarrollo de otras (Huber, 1980).

ABSORCIÓN DE NUTRIMENTOS

Las plantas de papa responden satisfactoriamente a la aplicación de los denominados promotores de crecimiento radical.

Estos productos proporcionan mayor anclaje, se incrementa substancialmente el área de absorción de agua y nutrimentos y generalmente favorecen la sanidad de las raíces.

Es muy importante que los tubérculos en crecimiento tengan suficientes pelillos radicales puesto que son básicos para la absorción de Calcio y por lo tanto para la buena calidad de cosecha (González, 2002).

Elementos mayores

Nitrógeno

El nitrógeno es mejor absorbido por la planta como nitratos de amonio. En el nitrógeno esta presente compuestos como aminoácidos, nucleicos, proteínas y alcaloides (Andrade 1995).

Las dosis de Nitrógeno a utilizar en el cultivo de papa depende de varios factores: cultivo anterior, textura del suelo, incorporación o no de residuos de cosecha, utilización de abonos orgánicos, etc.,.

Se sugiere que el Nitrógeno en dos o más ocasiones, principalmente en los suelos con textura arenosa o donde la precipitación pluvial sea muy alta, con el fin de evitar perdidas de este elemento por lixiviación.

La aplicación tardía de nitrógeno no se recomienda debido que causan una baja en la calidad de los tubérculos, produciendo “monos”. Por lo tanto es preferible que la totalidad del nitrógeno haya sido aplicado cuando las plantas de papa tengan tubérculos de “segundas delgadas”

La intoxicación con nitratos en las plantas de papa llega a ser tan severa que en el periodo de mayor temperatura en el día, las hojas jóvenes se deshidratan y se tornan flácidos, no obstante que el suelo se encuentre suficientemente hidratado. Otra observación es que las hojas superiores se encuentran con el envés hacia arriba.

La utilización de productos foliares que contienen Molibdeno, aplicados en etapas tempranas de cultivo, es muy eficiente para desintoxicar a las hojas por el exceso de Nitratos.

Concentración de Nitratos (NO_3^-) en las hojas, mayores a 10,000 ppm, se consideran excesivas.

Cuando las plantas de papa han sido mantenidas con un alto contenido de Nitratos en sus hojas, durante la mayor parte del ciclo vegetativo, se corre el riesgo de que al final del cultivo haya una fuerte translocación de aminoácidos de la parte aérea hacia los tubérculos y ocasiona que algunos tubérculos se rompan. La pérdida de calidad del tubérculo por rompimiento, generalmente se presenta cuando ha habido una sobre dosis de Nitrógeno, aplicación inadecuada de Calcio y un estrés hídrico seguido de un exceso de humedad en el suelo.

Lo mismo sucede si la aplicación de foliares con Molibdeno es aplicado en forma tardía y en dosis mayores a la sugeridas.

La aplicación de urea como segunda fertilización o aplicación tardías, promueve la suavidad de los tubérculos lo que favorece el posible ataque de fitopatógenos y posteriormente la poca vida de anaquel de los tubérculos.

Se sugiere el uso de urea a la siembra y en regiones donde haya la posibilidad de perdidas de Nitrógeno por lixiviación debido al exceso de lluvias y suelos de textura arenosa.

Los fertilizantes a base de Nitratos promueven la entrada de cationes, principalmente del Calcio. Su absorción por las raíces es muy rápida, pero un exceso de humedad en el suelo puede ocasionar su lixiviación y alejarlo de la rizosfera.

Sin duda, los fertilizantes nitrogenados tienden a reaccionar con otros fertilizantes cuando se elaboran las mezclas físicas. El uso de un aluminio-silicato denominado Zeolita ha dado excelente resultados para minimizar este problema.

La reacción de la mezclas físicas dificulta su aplicación en el campo, además de que se presentan pérdidas de Nitrógeno vía volatilización, también puede ocasionar que algunos elementos cambien de valencia y ya no puedan ser tomados por las raíces.

Lo anterior se lleva acabo en las regiones con alta humedad relativa. Para estos lugares se recomienda el mezclado con los otros fertilizantes a utilizar. La dosis de Zeolita por tonelada de mezcla es de 50 a 100 Kg, es decir de 5 a 10% por tonelada (González, 2002).

Fósforo

Las aplicaciones de Fósforo en el cultivo de papa son por lo general a dosis muy altas, debido a la baja disponibilidad con que este elemento se encuentra en el suelo.

Son varios factores por los cuales el Fósforo, nativo y aplicado como fertilizante, es absorbido por las plantas de papa en baja concentración.

El exceso de Calcio libre en los suelos, el pH ácido (<5.5), exceso de Carbonatos de Calcio, la compactación de los suelos con mas de 50% de arcilla o de otra arena, son solo algunas de las condiciones del suelo negativas para la absorción del Fósforo.

Es conocido que la escasa producción de raíces y la baja capacidad de absorción del Fósforo por las raíces de las plantas de papa es una gran limitante que se requiere tomar en cuenta en los programas de Nutrición.

La escasa movilidad del Fósforo en el suelo (ORTOFOSFATOS), las fuentes de fertilizantes con baja solubilidad, es también características que explican la baja absorción del Fósforo por las raíces.

En la actualidad se ha logrado incrementar, la absorción del Fósforo en la papa, con el uso de “enraizadores” que promueven el sistema radical y con ello lograr una mayor cobertura del suelo.

La “impregnación” con Acidos Húmicos y/o Carboxílicos de los fertilizantes Fosfatados, favorecen la solubilidad de éstos fertilizantes y por lo tanto su rápida disponibilidad del Fósforo en el suelo (Gonzáles, 2002).

La utilización en la siembra de fertilizantes con Magnesio de rápida disponibilidad favorece la absorción inmediata del Magnesio a las plantas, lo genera que también el Fósforo sea mejor absorbido.

La utilización de estas técnicas, junto con la aplicación excesiva de fertilizantes fosfatados, puede ocasionar una absorción muy alta de Fósforo (>0.6% P en hojas). Lo cual ocasiona un “bloqueo” de los elementos menores y consecuentemente una clorosis en las hojas.

Debido a que éstos amarillamientos son de origen fisiológico, su control a partir de aplicaciones al suelo o de aspersiones foliares, son ineficientes.

La clave para conocer si un programa de Nutrición en papa es inadecuado, con relación al Fósforo aplicado, es que las hojas en plantas de 25 a 35 días de emergidas, tengan de 0.35 a 0.45% de Fósforo (Gonzáles, 2002).

Potasio

Las plantas de papa tienen una demanda de Potasio baja en los primeros 30 días de emergidas, posteriormente los requerimientos de este elemento se incrementan substancialmente.

Por lo anterior, se sugiere que las aportaciones de Potasio a la siembra sean bajas y así no se presente un efecto antagónico con el Magnesio.

En algunos suelos donde se cultiva papa, la concentración de Magnesio es muy alta por lo que se encuentra en desbalance con el Potasio. La relación adecuada entre K : Mg es de 3:5:1, respectivamente.

Es conveniente considerar que aplicaciones de Potasio mayores a 150 Kg K/ha en la siembra, en suelos con alto contenido de arcillas, el Potasio puede ser absorbido por estas partículas de suelo y su disponibilidad para las plantas se reduce.

Lo mismo sucede con dosis menores a 150 Kg de Potasio por hectárea pero con fertilizantes de mayor solubilidad (Nitratos) (González, 2002).

Azufre

El azufre se absorbe en el suelo como aniones sulfato divalentes (SO_4^{2-}). Al parecer el metabolismo por las raíces sólo hasta el grado en que se requiere; el exceso de sulfato se transporta sin cambio hacia las partes aéreas en el xilema. Debido que hay suficiente sulfato en la mayoría de los suelos, las plantas con deficiencia de azufre son poco comunes, pero cuando se presenta muestra una sintomatología que consiste en una clorosis general en toda la hoja, incluyendo los haces vasculares. En algunas especies el azufre no se distribuye con facilidad a partir de tejidos maduros, por lo que la deficiencia casi siempre se nota primero en las hojas más recientes (Duke y Reisenauer, 1986)

Calcio

Las deficiencias de calcio en las plantas son principalmente debidas a una ineficiente distribución, más que a una mala absorción.

En algunos suelos extremadamente ricos en Calcio, las plantas de papa presentan concentraciones muy altas de Calcio en las hojas, sin embargo, algunos tubérculos pueden presentar graves deficiencias de éste elemento. Lo anterior se explica porque el Calcio se mueve solo a través del xilema (hacia arriba) y la translocación hacia abajo (floema), es en muy baja concentración.

El proceso de transporte por el cual el Calcio es llevado hacia las raíces es flujo de masa, con lo cual se entiende que la disponibilidad de suficiente agua en el suelo es básica para suplir adecuadamente la demanda de Calcio en las plantas.

El proceso de transpiración juega un papel muy importante en la toma del Calcio por las raíces de papa. A mayor transpiración (con suficiente agua en el suelo) la absorción del Calcio se incrementa.

También se debe tomar en cuenta que el Calcio solo es tomado por las puntas de las raíces jóvenes. Cualquier factor que afecte ésta parte de las raíces, afectará gravemente la absorción de calcio.

La respuesta que tienen la planta de papa a la aplicación de algunos productos promotores de raíz, durante la tuberización, probablemente se deba al incremento de nuevas raíces y a la promoción de raicillas en los tubérculos, las cuales favorecen la entrada del Calcio.

La utilización de fertilizantes a base de Nitrógeno y Calcio se sugiere usarlos hasta la mitad del ciclo del cultivo de papa, posteriormente, se recomienda el uso de calcio de alta solubilidad pero libres de Nitrógeno (Gonzáles, 2002).

Magnesio

Uno de los elementos que las plantas de papa requieren en gran cantidad es al inicio del cultivo, es el Magnesio. El uso de fertilizantes con Magnesio disponible rápidamente y el cuidado en la aplicación moderada de fertilizantes con elementos antagónicos (Amonio, Calcio y Potasio), es recomendable para una absorción más eficiente del Magnesio.

El hecho de que las plantas de papa obtengan rápidamente el Magnesio, favorecen el proceso de Fotosíntesis.

Por otro lado es sabido que el Magnesio participa activamente en la formación de tejidos vasculares vigorosos.

La aplicación al suelo de fertilizantes nítricos, promueve la absorción del Magnesio. Lo contrario sucede con la aplicación del Amonio (NH_4^-).

La relación entre la concentración de Calcio-Magnesio en el suelo debe ser 4:1, respectivamente. Existe suelos donde se cultiva papa con relación 120:1. es obvio que éste desbalance afecta la absorción del Magnesio. Para éstos suelos se sugiere un Magnesio de alta disponibilidad y aplicación en la banda.

La relativa movilidad del Magnesio por el floema, en las plantas de papa, es un factor que debe tomarse en consideración, pues aplicaciones de Magnesio después de la mitad del ciclo del cultivo pueden provocar “verde” de los tubérculos, aún antes de cosecha y no obstante que se encuentren a 15 cm o más de profundidad en el suelo (Gonzáles, 2002).

Elementos Menores

Fierro

La mayoría de los suelos donde se cultiva papa, en México, requieren de la aplicación de Fierro al suelo, mas foliar o en ambas formas.

La baja disponibilidad debido al antagonismo con otros elementos nativos del suelo o aplicados como fertilizantes, es probablemente la causa principal por lo cual las plantas de papa presentan deficiencias del éste elemento.

El síntoma de la deficiencia de Fierro en papa, es una clorosis intervenal en las hojas jóvenes. Este amarillamiento es debido al bajo contenido de clorofila, ya que el Fierro es el encargado de la síntesis del Ácido Aminolevulínico (ALA), precursor de la clorofila.

El Fierro interviene con el Molibdeno en el proceso de Nitrato-Reducción, por lo tanto, es importante para que las plantas de papa no se intoxiquen con los excesos de Nitratos.

Las raíces absorben el Fierro en forma de Fierro Ferroso (Fe^{2+}), por los que las aplicaciones al suelo deberán contemplar la utilización de acidificantes ligeros que permitan conservar por mayor tiempo los complejos de Fierro como Ferroso.

Las aplicaciones foliares de Fierro deben ser de tipo complementario y preferentemente llevarse a cabo muy temprano por la mañana o bien próximo al anochecer (González, 2002).

Zinc

Otro de los elementos menores que la papa requiere para incrementar su rendimiento y calidad de los tubérculos, es el Zinc.

El Zinc es antagónico con el Fierro, por lo que su aplicación al momento de la siembra debe ser en cantidades moderadas, si el suelo es deficiente, posteriormente completarlo vía foliar.

La deficiencia de Zinc en las plantas de papa generalmente se observa en las hojas más jóvenes, cercanas al racimo floral y se manifiesta con un amarillamiento que se inicia en la parte basal de la lámina de las hojas y se extiende al resto de la hoja sino se controla.

La aplicación de foliares de Zinc con Nitrógeno y Potasio, mejoran su absorción y translocación en la planta y ayuda a controlar más rápido las deficiencias graves (González, 2002).

Boro

Las deficiencias de Boro pueden presentarse bajo las siguientes condiciones: lluvia fuerte, pH alcalinos, alto contenido de arcilla o de arena, estrés por sequía, aplicación excesiva de auxinas, alta intensidad de luz o temperatura, vientos fuertes y prolongados.

En las plantas deficientes de Boro hay deformación de los tejidos, principalmente en los crecimientos apicales, los cuales se atrofian y mueren. Los tubérculos pueden presentar ahuecamientos y son de forma curvada: También hay una reducción o cese el crecimiento de las raíces.

El Boro y el Calcio tienen un efecto de sinergismo. Su aplicación en forma conjunta, ya sea el suelo o vía foliar, da mejores resultados.

Este microelemento tiene poca movilidad en la planta, su translocación principal es por el xilema, por lo que la aplicación se realiza en el suelo, al momento de la siembra es

importante para suplir adecuadamente las necesidades de la papa en suelos o condiciones de deficiencia de Boro.

La concentración adecuada de Boro en las hojas de la papa es de 40 – 60 ppm. El exceso de Boro puede causar clorosis en las puntas de las hojas y después necrosis (González, 2002).

Cobre

La concentración adecuada de Cobre en las hojas de papa es de 10 – 12 ppm. La aplicación de fungicidas a base de Cobre en la primera etapa del cultivo, puede ocasionar un grave desbalance con Fierro y Molibdeno.

El exceso de Cobre (>20 ppm) causa una clorosis intervenal en las hojas jóvenes, debido al bloqueo del Fierro. El resto de la planta puede tener hojas color verde oscuro, ya que también bloquea al Molibdeno y suspende el proceso de reducción de Nitratos.

Si los resultados del análisis químico de muestras foliares indican valores menores a 8 ppm de cobre, habrá necesidad de aplicar éste elemento. Sin embargo, es indispensable que primero se encuentren en condiciones adecuadas al resto de los microelementos.

La utilización de foliares de Cobre debe ser en concentraciones muy bajas por su poder fitotóxico (González, 2002).

Manganeso

Es común que las concentraciones de Manganeso en las plantas de papa sean extraordinariamente altas (800 ppm).

La aplicación intensiva de un fungicida rico en éste elemento, es la causa de que los análisis químicos detectan alta concentración de Manganeso en las hojas.

Es conveniente aclarar que el Manganeso reportado probablemente sea Mn^{3+} , el cual actúa destruyendo las paredes celulares de los hongos, pero no como nutrimento.

Los síntomas de deficiencia de Manganeso se presentan como amarillamiento intervenla, preferentemente en las hojas jóvenes, deformación de las hojas (arratonamiento) y con puntos o manchas en la lámina de las hojas (Gonzáles, 2002).

Molibdeno

La principal función fisiológica del Molibdeno en las plantas de papa, es como componente en el sistema enzimático de la Nitrato – Reductasa.

La concentración adecuada de Molibdeno en las hojas de papa es de 1 ppm. El análisis químico para determinar este microelemento es muy costoso. Se sugiere analizar la concentración de Nitratos en las hojas y si el resultado es mayor de 10,000 ppm, entonces hay deficiencia de Molibdeno.

Los síntomas de la deficiencia de Molibdeno en papa, que las hojas jóvenes son de color verde oscuro, opacas, se deshidratan fácilmente a temperatura mayor a 30 °C y se tornan flácida (posteriormente se hidratan) y en ocasiones se voltean con el envés hacia arriba.

El exceso de Molibdeno en las plantas puede causar clorosis muy intensa en las hojas mas viejas de las plantas de papa y un porcentaje muy alto de rajeteo en los tubérculos (Gonzáles, 2002).

Fertilización

Mascareño (1987) determinó que para la exitosa fertilización, es necesario una serie de factores sobre el particular. Dosis, pH de la solución, solubilidad y concentración de sales.

Thedal (2000), indica que para el abasto de los nutrimentos, hay que considerar lo siguiente:

Cantidad: la cantidad de nutrimentos en la fase sólida del suelo que actúa como reserva del nutrimento en solución.

Intensidad: la concentración del nutrimento s a solución del suelo.

Absorción: la cantidad del nutrimento absorbido usualmente por la planta y su relación con la cantidad del mismo nutrimento absorbido por el suelo.

Capacidad bufferizante: la capacidad amortiguadora del suelo en relación con la capacidad de la solución del suelo, para no alterarla por las malas aplicaciones de productos.

Consumo de agua

Covarrubias et al. (1996) encontraron en estudios realizados en el estado de Nuevo León y Coahuila, que el consumo de agua total en el cultivo de papa a tres diferentes niveles de humedad del suelo tomados como valor alto, medio, bajo (0.3, 1.0 y 5.0 bar de tensión en el suelo, respectivamente); varia aproximadamente entre 800 a 1000mm en un ciclo y se determino que a mayor consumo de humedad del suelo se obtiene mayores rendimientos.

Rodriguez (2000) evaluó cuatro localidades en Arteaga, Coahuila con el fin de conocer el consumo de agua en el ciclo del cultivo de la papa, teniéndose la media de consumo de 704.525 mm y por día se obtuvo un consumo de 7.4125 mmdía⁻¹.

Ácidos orgánicos

Entre los ácidos orgánicos más conocidos se encuentran el cítrico, pirúvico, butírico, acético, benzóico, málico y ascórbico. Todos ellos se caracterizan por ser aniones orgánicos de carácter ácido que quelatan cationes metálicos. De manera natural las plantas utilizan estos compuestos para excretarlos a la rizosfera de tal forma que se modifica la disponibilidad de metales como Fe, Al y otros.

Así mismo el efecto acidificante es utilizado para manipular la disponibilidad de algunos elementos como el fósforo (Massinneau et al., 2001; Sas et al., 2001) y el hierro, 1988) en suelos calcáreos.

Solución Douglas aplicado en plántulas de Sandía

La interacción solución nutritiva Douglas con genotipos de sandía solo afecto el crecimiento de las hojas, mas no así a la raíz, el tallo y la plántula en total. Con la dosis 50 por ciento de la mínima de la solución nutritiva se produjeron las mejores plántulas de sandía, teniendo un crecimiento diferente en función del genotipo.

Las plántulas de sandía para transplante presentaron un mejor crecimiento cuando se produjeron en una dosis 50 por ciento de la solución nutritiva Douglas en camas flotantes.(Garcia 1996).

En diferentes trabajos se ha encontrado que al cambiar las características químicas de la solución nutritiva, se observa un impacto significativo sobre la productividad, calidad nutritiva y calidad en procesado de algunas hortalizas (Albu-Yaron et al., 1993; Papadopoulus et al., 1999; Botrini et al., 2000).

Adicionalmente, el cambio en la concentración y disponibilidad de diferentes nutrientes tanto en las solución nutritiva como en los tejidos modifica la susceptibilidad de las plantas a enfermedades y plagas (Duffy et al, 1999)

MATERIALES Y METODOS.

Ubicación del lote experimental

El presente trabajo se llevo acabo en el invernadero del Departamento de forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en Buenavista, Saltillo,

Coahuila, México. Geográficamente se encuentra en los 22° 22` de latitud Norte y los 101° 00` de longitud Oeste, con una altitud de 1742 msnm.

Material experimental

La variedad de papa Adora es muy vigorosa y muy precoz, la cual fue otorgada por el Ing. Blas Alberto Ríos Burciaga.

Características agronómicas y morfológicas de la variedad Adora

Dore (Eersteling x Record x Bravo x Alpha)

Características Agronómicas	
Maduración	Muy temprana a temprana.
Tubérculo	De forma regular; ojos superficiales.
Rendimiento	Bastante buena a buena, ya antes de la maduración.
Materia seca	Contenido mediano a bastante alto.
Calidad culinaria	De buen sabor y color, a veces se deshace algo al cocer.
Follaje	De altura media, de tallos bastante fuertes, Sensible a <i>Phytophthora</i> de la hoja, poco sensible cubriendo bastante bien el terreno.
Enfermedades	Sensible a <i>Phytophthora</i> de la hoja, poco sensible a la del tubérculo, resiste bien al enrollado, inmune a la sarna verrugosa.
Características morfológicas	
Planta	Tallos poco numerosos, bastante gruesos, extendiéndose pronto, en la base y en las axilas de color morado pálido.

	Hojas grandes, flexibles, de color verde oscuro; folíolos secundarias grandes y muy numerosas; floración muy rara, flores pequeñas y blancas.
Tubérculos	De forma oval redondeada; piel amarilla; tostado y áspera; carne amarilla; superficiales.
Brote	Aparrado, al principio elipsoidal, mas tarde en forma de cilindro corto, de azul morado grisáceo, muy poco peloso; yema de desarrollo pronto, en forma de estolones.

INIFAF: programa nacional de papa

Materiales usados en la preparación de la solución nutritiva Douglas

- ✓ Balanza granataria
- ✓ Espátula
- ✓ Bolsas pequeñas de polietileno
- ✓ Marcador
- ✓ Papel aluminio
- ✓ Dos tambos de 200 litros
- ✓ Agitador de madera

Preparación de la Solución Douglas

Esta solución esta compuesta por 12 elementos que la planta necesita para cumplir su ciclo de vida, estos a su vez fueron pesados de manera individual, por ello comento que es algo tedioso éste procedimiento, ya que elementos como el Molibdeno son pesadas muy pequeñas y dificultosas.

Teniendo las pesadas de cada elemento nutritivo, se procedió a la preparación de la solución que consistía en reunir 100 litros de agua y luego aplicar cada elemento hasta agregar todos, posteriormente se agitaba 10 minutos o hasta cerciorarse que ya estaban bien homogenizado los componentes de la solución nutritiva.

La forma de aplicación de esta solución fue al principio y fin de semana, donde se preparo 100 litros para la solución nutritiva normal y lo mismo para la aumentada, con ello se realizaba la aplicación de 500ml de agua por planta.

Compuesto	mg/litro (ppm)	Normal (g)	Acumulada (g)
Ca (NO ₃) ₂ 4H ₂ O	150	15	18.75
Mg SO ₄ 7H ₂ O	25	2.5	3.125
KNO ₃	125	12.5	15.62
Ca SO ₄ 5H ₂ O	100	10	12.5
Cu SO ₄ 5H ₂ O	0.05	0.005	0.0062
H ₃ BO ₃	0.25	0.025	0.0312
Fe ₂ (SO ₄) ₃ H ₂ O	1	0.1	0.125
Mn SO ₄ H ₂ O	0.25	0.025	0.0312
H ₂ Mo ₄	0.0005	0.00015	0.0001
Zn SO ₄ H ₂ O	0.25	0.025	0.0312
Na H ₂ PO ₄ H ₂ O	25	2.5	3.125

Cuadro 4.1: Mostrando los compuestos usados para la elaboración de la solución nutritiva Douglas

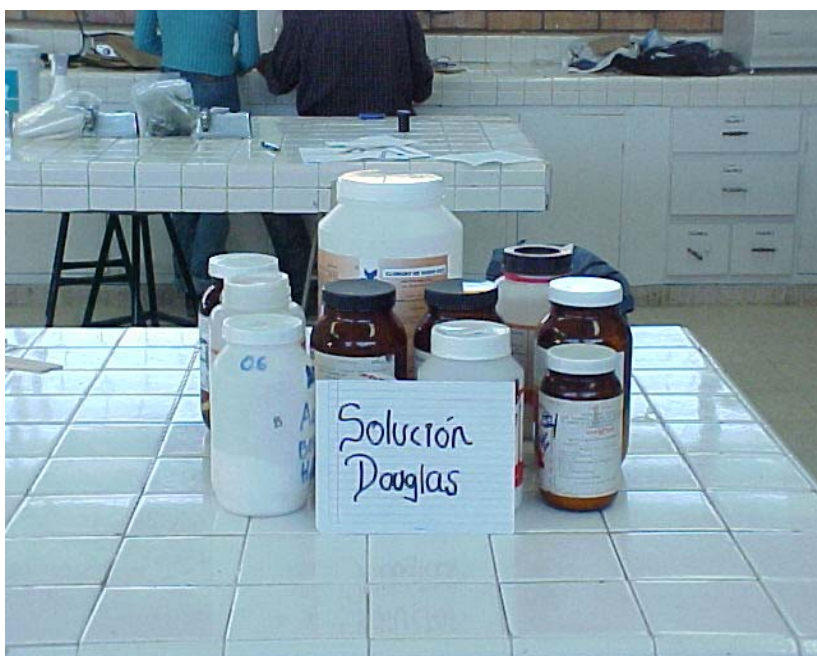


Figura 2.1: Recipientes con los elementos nutritivos usados

Descripción de tratamientos

Se evaluaron 4 tratamientos en un diseño completamente al azar el cual se aleatorizo, para que hubiera una mejor distribución.

Los tratamientos se describen a continuación:

T1 = testigo agua

T2 = AS^{-4} M, aplicación foliar

T3 = AS^{-3} M, aplicación foliar

T4 = AB^{-4} M, aplicación foliar

Suelo:

El suelo que se utilizó para el experimento fue traído del ejido Cristal, Municipio de Galeana, Nuevo León, lugar donde se dedican a la producción de papa, puesto

que tienen un suelo que les favorece en textura y estructura, ha sabiendas de esto se opto por buscar una area virgen para que este no se encontrara contaminado y así evitar problemas fitosanitarios que pudiera tener en este medio por la periodicidad de siembras que hacen en este ejido.

Preparación del sustrato.

Con la finalidad de tener un buen sustrato se cribó el suelo y esto se hizo con el objetivo de quitar los terrones, piedras y residuos de hierbas; después se depositó en bolsas de polietileno 12 Kg de tierra cada uno (28 y 29 de octubre del 2002).

Establecimiento del experimento bajo invernadero

El lugar que se utilizó dentro del invernadero es el más fresco ya que se encuentra ubicado cerca de la pared húmeda y se hizo la siguiente distribución:

Se ubicaron 4 surcos de 7 metros de largo, con una separación entre surcos de 1.2 metros y entre plantas de 50 cm.



Figura 2.2: Dentro del invernadero de alta tecnología pegado a la pared húmeda

Eliminación de brotes. Se le realizó un desbrote a los tubérculos, para uniformizar el lote experimental y de esta forma poner en las mismas condiciones el material semilla a sembrar (22 de octubre del 2002).

Siembra. La siembra se realizó en bolsas negras de polietileno que contenían 12 kg de sustrato, dicha siembra fue a una profundidad de 15 cm del cual se tubo que aplicar un preventivo de agentes fitopatológicos, usándose Monceren Plus, este producto fue asperjado al sustrato que iba estar en contacto con la semilla (04 de noviembre del 2002).

Aporque Se realizaron 2 deshierbes manuales cerca de la base del tallo con el fin de contrarrestar el efecto que las malezas pudieran tener en un momento dado en lo referente a la competencia por agua, luz y nutrientes. Se agregó más suelo en las en las macetas que presentaron agrietamiento para proteger los tubérculos contra rayos del sol y así evitar el verdeo de papas (19 de diciembre 2002).

Riegos. se realizó un riego pesado, con el objetivo de que el agua llegara hasta donde se encontraba el tubérculo (15 cm debajo del suelo), posteriormente se le dio un tiempo de 4 horas y se realizó un riego ligero para que el suelo se encontrara en capacidad de campo (04 de noviembre del 2002).

Control de enfermedades. El control enfermedades se realizó así como aplicaciones de productos químicos que nos permitieran tener un buen control de las mismas.

En el cultivo no se tuvo presencia de plagas, lo único que se nos presentaron fueron enfermedades las cuales se mencionan a continuación: Tizón temprano (*Alternaria solani*) y por lo cual se tuvo que aplicar Mancozeb 80 y urea desbiuterizada, esta última con doble propósito, para que hubiera una detención de la enfermedad y para combatir una deficiencia de nitrógeno que se nos presentó, pero uno de los principales motivos fue

que se nos presento una deficiencia de humedad, por lo cual se nos hizo susceptible el cultivo, (30 de enero del 2003).

Otra enfermedad que se nos presento fue la pierna negra (*Erwinia carotovora*), la cual se debió a que la semilla iba contaminada y se atribuye esto porque solo se presento en una sola planta, y para su control se utilizo Fungimycin agrícola 5%.

Producto	Plagas	Enfermedades	Aplicaciones
Monceren Plus		<i>Rhysoctonia solani</i>	1
Mancoceb 80		<i>Alternaria solani</i>	1
Fungimycin Agrícola		Pierna negra	1

Cuadro 4.2: Indicando los productos químicos aplicados durante el ciclo del cultivo

- ✓ Monceren Plus: este producto se aplico como preventivo de cualesquiera patógenos que pudiese estar en el suelo, por ello antes de la siembra se aplico al suelo que iba estar en contacto con el tubérculo.
- ✓ Urea desbiuterizada: Se aplico con doble propósito, para corregir deficiencia y para controlar *Alternaria solani*

VARIABLES EVALUADAS

Numero de tallos. Para el conteo del numero de tallos se realizo para cada una de las plantas, tomando en cuenta todos los tallos que ya esta bien desarrollados y descartándose los brotes que apenas se dejaron ver en la superficie del suelo (10 de enero del 2003).

Numero de tubérculos. Cuando estuvo separado los tubérculos de los estolones, se realizo un conteo para cada planta y posteriormente se embolsaron con sus respectivas etiquetas (13 de enero del 2003).

Peso fresco aéreo. Para realizar el peso fresco aéreo se tuvo que separar los tallos desde la base, por lo cual se utilizo una navaja, y posteriormente se depositaron en una bolsa de papel, y se llevaron al laboratorio donde se hizo la respectiva pesada (13 de enero del 2003).

Peso fresco raíz. Para el peso fresco raíz se utilizo la otra parte de la planta que se encuentra en el subsuelo (no incluyendo al tubérculo madre, ni los tubérculos formados), la cual se lavo perfectamente bien con agua, y para evitar perdidas de partes de la raíz se utilizo una malla y posteriormente se deposito en una bolsa de papel con sus respectivas etiquetas y posteriormente fue llevada al laboratorio, para ser para tomar los datos de peso (13 de enero del 2003).

Peso fresco del tubérculo. Para llevar acabo la pesada, se lavo bien los tubérculos y ya estando seco se realizo las pesadas, para finalmente tomar los datos de cada conjunto de papas por cada planta (20 de enero del 2003).

Peso seco aéreo. Para este paso se tuvo que fraccionar la parte aérea de la planta en pedazos, con el fin de evitar que hubiera mucho humedad y para que tenga un mejor secado en la estufa durante 24 horas a una temperatura de 12°C, hasta que se encontrara perfectamente seca (16 de enero del 2003).

Peso seco raíz. Para el peso seco raíz, se tuvo que meter la bolsa de papel a la estufa durante 24 horas a una temperatura de 120 °C, hasta obtener el máximo de su peso seco (16 de enero del 2003).

Peso seco del tubérculo. Para este caso se tuvieron que cortar en rodajas muy delgadas los tubérculos, y posteriormente fueron metidas a la estufa durante 24 horas a una temperatura de 120 °C hasta que estuvieran perfectamente bien secas (20 de enero del 2003).

Cosecha: se cosecho cuando el area foliar se seco y posteriormente se llevo las papas al laboratorio donde permaneció las muestras bajo condiciones controladas para ser analizadas el contenido nutricional de la papa, bajo el análisis bromatológico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El experimento fue llevado acabo con fines de investigación para corroborar los trabajos que lo anteceden, se aporta el siguiente resultado, para todos los tratamientos analizados mediante el análisis de varianza no hay diferencia significativa entre tratamientos, mas sin embargo en la variable de peso fresco y seco de raíz se encontró significancia, pues existió una buena interacción con la solución nutritiva Douglas, mas sin embargo la diferencia significativa es realmente pequeña a tal grado que no reúne las expectativas esperadas de incrementar rendimiento, pues se quería encontrar la significancia en el tubérculo y con ello conseguir la hipótesis planteada. Por tal razón se rechazan la hipótesis, ya que solo hubo una buena tendencia en lo que respecta a la biomas de raíz, no así con el del tubérculo.

Con respecto a la solución nutritiva Douglas se reporta que no hay necesidad de aumentar la cantidad a 50% mas de la formulada por Douglas, pues los resultados obtenidos nos dicen que a su formulación normal es como mejor se comporta en el suelo para ser absorbido por la planta, demostrándose con esto que no es necesario elevar la concentración. Así mismo ago mención de la literatura citada por García en 1996 donde trabaja con esta solución Douglas bajo la formulación normal a reducida al 50% encontró el efecto positivo en la de menor concentración de la solución Douglas. Los que significa que muy probablemente sea esta una razón de seguir investigando.

Este trabajo se realizo con la visión de que continuarán con esta tarea de mejorar de alguna forma la fisiología de la planta de papa mediante la aplicación de ácidos orgánicos y la interacción con la nutrición de la planta y con ello llegar a la meta propuesta.

Cuadro 4.3 Concentración de resultados y prueba de medias en lo que respecta a peso fresco (DMS $\alpha = 0.05$) de las variables tomadas en el experimento.

PESO FRESCO FRACIONADO DE LA PLANTA DE PAPA

FACTOR	NTUB	NT	PFR	PFT	PFA	PFTOTAL
SOLUCIÓN						
Normal	17.42a	6.42a	61.35a	164.4a	287.2a	512.95a
Acumulada	17.33a	7.58a	58.23a	108.24a	306.73a	473.20a
TRATAMIENTO						
testigo	15.5a	6.83a	41.12b	122.5a	280.92a	444.54a
AS ⁻⁴	17.33a	6.67a	72.95a	129.21a	319.25a	521.41a
AS ⁻³	17.5a	7.67a	53.93ab	141.13a	315.88a	510.95a
AB ⁻⁴	19.17a	6.83a	71.15a	152.43a	271.82a	495.40a

Los promedios seguidos de la misma literal no son diferentes (Tukey, 0.05)

NTUB = número de tubérculos por planta

NT = número de tallos por planta

PFR = peso fresco raíz

PFT = peso fresco tubérculo

PFA = peso fresco aéreo

PFTOTAL = peso fresco total de la planta

Cuadro 4.4 Concentración de resultados y prueba de medias en lo que respecta a peso seco (DMS $\alpha = 0.05$) de las variables tomadas en el experimento.

PESO SECO FRACCIONADO DE LA PLANTA DE PAPA

FACTOR	NTUB	NT	PSR	PST	PSA	PSTOTAL	C.P.
SOLUCIÓN							
Normal	17.42a	6.42a	6.98a	20.56a	25.95a	53.50a	0.621a
Acumulada	17.33a	7.58a	6.60a	13.43a	26.38a	46.41a	0.404a
TRATAMIENTO							
testigo	15.50a	6.83a	5.30a	16.39a	24.72a	46.41a	0.546a
AS ⁻⁴	17.33a	6.67a	7.43a	15.27a	27.65a	50.35a	0.425a
AS ⁻³	17.50a	7.67a	6.70a	17.48a	26.65a	50.83a	0.523a
AB ⁻⁴	19.17a	6.83a	7.75a	18.83a	25.63a	52.22a	0.555a

Los promedios seguidos de la misma literal no son diferentes (Tukey, 0.05)

NTUB = número de tubérculos por planta

NT = número de tallos por planta

PSR = peso seco de la raíz

PSA = peso seco aéreo

PSTOTAL = peso seco total de la planta

CP = coeficiente de participación

CONCLUSIONES:

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten establecer las siguientes conclusiones:

*La solución nutritiva Douglas mostró efecto positivo al aplicar los ácidos orgánicos, debido que ambos mantienen a la planta de papa en condiciones adversas y esto reduce en la reducción de problemas para alguna enfermedad.

*Se encontró que no es necesario aumentar la solución nutritiva, pero que sí es importante la interacción que existe con los ácidos orgánicos pues se da un efecto de resistencia a condiciones bióticas y abióticas.

*Con la solución nutritiva normal se obtuvo mejores resultados en raíz, tubérculo y parte aérea a diferencia de la solución acumulada.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Alpi, A. y F, Tognoni. 1999. Cultivo en invernadero. Tercera edición , Ediciones Mundi-Prensa, España. Pag. 345
- Arthey, D. & Dennis, C. 1991. Proceso de Hortalizas. Editorial Acribia España.
- Báez, M. 1983. La papa (*Solanum tuberosum* L.) Monografía. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Covarrubias R, J. M; Contreras, J. F. y Garcia, G. S. 1996. Estimación de las necesidades hídricas del cultivo de papa en la Sierra de Arteaga. Resultados de Investigación de programa de papa. Inifap, Saltillo, Coahuila. Pag. 27-32
- Cultivo de la papa, centro de estudios agropecuarios, 2001, Grupo Editorial Iberoamericana, S.A de C.V. Pag. 15-20
- Duke, S. H. and H.M. Reisenauer. 1986. Roles and Requirements of sulfur in plant nutrition. Sulfur in Agriculture, Agronomy Monograph No. 27, Madison, Wisc.
- García P. F., 1996. comportamiento de sandias híbridas triploides bajo producción intensiva en Coahuila. Tesis Maestría. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Gonzáles. M. J. A. 2002. Manejo de la Nutrición en el cultivo de Papa. de C. V.
- Hennig, et al. 1993. Interconversion of the salicylic acid signal and its glucoside in tobacco. Plant J. 4:593-600.
- Maas, E. V. 1984. Crop Tolerance. En: California Agriculture Vol. 38(10): 20-21
- Mascareño, C.F. 1987. Problemas nutricionales, del tomate en el valle de Culiacán. INIFAP. Campo experimental Valle de Culiacán.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (s/a). Manual de Forestación de Tierras Agrícolas. Ediciones Doce Calles S. L. Jamara Madrid. pag. 317

Mondonedo et al. 1990. Manual de educación agropecuaria "Papas". Editorial Trillas pag. 11

Montaldo, A. 1984. Cultivo y mejoramiento de papa. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica.

Rodriguez G. H. 2000. Influencia de cuatro sistemas de riego presuarizado en el consumo de agua en el cultivo de papa. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.

SEP, 1987. Papas. Manuales para la Educación Agropecuaria. Editorial Trillas. Primera edición. México, D. F.

Thedal Internacion, S.A. de C.V. 2000. Nutrición vegetal.

Valdez. L.A. y De Alba, P.M.A. 1985. informe de Investigación. Programa de Hortalizas. Depto. de Fitotecnia. ITESM-Campus Querétaro. México.

Valera de C. 1602, Santa Biblia, revisión de 1960, impreso en Corea 2000

&Lc Cointre B.V., Goes, 1989. Printed in the Netherlandsn by Oosterbaan pag. 89

[http:// www.redepapa.org/EconmiaAgroindustrialización](http://www.redepapa.org/EconmiaAgroindustrialización)

<http://www.wattsagro.com.mx/hortarket/gtecpap.html>

<http://www.todo-ciencia.com/quimica/0i76868300d1016212668.php>

GLOSARIO

Aborígenes: Naturales de un país, en oposición a los que acuden a establecerse en él

Aborígen: Originario del suelo en que vive

Abscisión: Corte o separación de un miembro.

Atrofia: Defecto de nutrición de un tejido, órgano y organismo, que ocasiona una disminución del volumen y trastornos diversos.

Axilar: Relativo a la axila: nervio axilar, yema axilar, yema lateral situada en la axila de la hoja.

Fécula: Sustancia pulverulenta, compuesta de granos de almidón, abundante en determinados tubérculos, como la patata.

Imparipinadas: Dicese de las hojas pinnadas terminadas en un foliolo impar

Inca: Relativo a un pueblo amerindio de lengua quechua, originario del lago de Titicaca, que en la época prehispánica constituyó un importante imperio que se extendía desde el S de Colombia, por Ecuador, Perú y Bolivia, al NO de Argentina y el norte y centro de Chile.

- ❖ Los incas vivían en clanes (ayllu) y practicaban una agricultura comunitaria (patata, maíz); la tierra era propiedad del inca, soberano absoluto de origen divino, y estaba repartida entre éste, los sacerdotes y el pueblo; los campesinos recibían parcelas en función a sus necesidades.

Lenticela: Poro que atraviesa la corteza de los árboles jóvenes y permite la respiración de los tejidos subyacentes.

Pentámera: Que esta formada por cinco partes o cinco miembros.

Quelato: Compuesto en el que un átomo metálico queda situado entre átomos electronegativos ligados a un radical orgánico.

Suberina: Sustancia orgánica que entra en la composición del corcho.

Y todo lo que hagáis, hacedlo de corazón, como para el señor
y no para los hombres. **Colosenses 3:23**

